

***IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE***

Applicant: Kazuya KOYAMA

Title: SYSTEM AND METHOD FOR DISTRIBUTED  
DEBUGGING AND RECORDING MEDIUM ON  
WHICH CONTROL PROGRAMS ARE RECORDED

Appl. No.: Unassigned

Filing Date: December 13, 2000

Examiner: Unassigned

Art Unit: Unassigned

**CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY**

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

- Japanese Patent Application No. 11-355386 filed December 15, 1999.

Respectfully submitted,

Date December 13, 2000

FOLEY & LARDNER  
Washington Harbour  
3000 K Street, N.W., Suite 500  
Washington, D.C. 20007-5109  
Telephone: (202) 672-5407  
Facsimile: (202) 672-5399

By Philip J. Anticola  
for / David A. Blumenthal  
Attorney for Applicant  
Registration No. 26,257

Reg. No.  
38,819

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

cj531 u.s. pro  
09/734849  
12/13/06



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 1999年12月15日

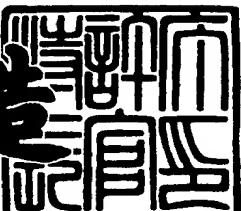
出願番号  
Application Number: 平成11年特許願第355386号

出願人  
Applicant(s): 日本電気株式会社

2000年 9月29日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3078968

【書類名】 特許願  
【整理番号】 33509661  
【提出日】 平成11年12月15日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G06F 15/16  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内  
【氏名】 小山 和也  
【特許出願人】  
【識別番号】 000004237  
【氏名又は名称】 日本電気株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100088812  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 ▲柳▼川 信  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 030982  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 分散デバッグ装置及びデバッグ方法並びに制御プログラムを記録した記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の計算機上で動作するプログラムによって構成される分散システムをデバッグする分散デバッグ装置であって、

各々の前記計算機上で実行されるデバッグ対象プログラムの設定状態及び実行状態の管理を各々の前記計算機を相互接続するネットワークを介して所定の前記計算機から他の前記計算機に対して実行するプログラム管理手段を含むことを特徴とする分散デバッグ装置。

【請求項2】 前記プログラム管理手段は、ユーザからの指示を受ける一つ以上の制御部と、前記デバッグ対象プログラムに接続される一つ以上の実行部とを有し、各々の前記制御部と前記実行部が前記分散デバッグ装置を構成する個々のデバッグ装置の設定を管理する設定状態管理部と、他の前記制御部もしくは前記実行部と通信するための通信部とを含み、前記設定状態管理部が設定の変更を指示された時に自身の設定内容を変更すると同時に、前記通信部を用いて他の前記制御部もしくは前記実行部の設定状態管理部に変更内容を通知し、通知を受けた前記設定状態管理部が自身の設定内容を変更する事で、分散デバッグ装置の動作する全ての計算機上で同一の設定を用いてデバッグ対象の分散システムをデバッグする事を特徴とする請求項1記載の分散デバッグ装置。

【請求項3】 前記プログラム管理手段は、ユーザからの指示を受ける一つ以上の制御部と、デバッグ対象プログラムに接続される一つ以上の実行部とを有し、各々の前記制御部が前記分散デバッグ装置を構成する個々のデバッグ装置の実行状態を管理する実行状態管理部と、他の前記制御部もしくは前記実行部と通信するための通信部とを含み、各々の前記実行部が前記デバッグ装置の実行状態を管理する前記実行状態管理部と、デバッグ対象プログラムを管理するプロセス管理部と、他の前記制御部もしくは前記実行部と通信するための通信部とを含み、前記実行状態管理部が実行状態の変更を指示された時に自身の設定内容を変更

すると同時に、前記通信部を用いて他の前記制御部もしくは前記実行部の前記実行状態管理部に変更内容を通知し、通知を受けた前記実行状態管理部が自身の状態を変更するとともに、前記プロセス管理部に動作の変更を指示する事で、前記分散デバッグ装置の動作する全ての計算機上で同一の実行状態を維持する事を特徴とする請求項1又は2記載の分散デバッグ装置。

【請求項4】 前記プログラム管理手段は、ユーザからの指示を受ける一つ以上の制御部と、デバッグ対象プログラムに接続される一つ以上の実行部とを含み、各々の前記制御部がユーザからのデバッグ対象プログラムの状態表示要求を解釈し結果を表示するユーザインターフェース部と、あるデバッグ対象プログラムの状態を指定された時にその状態の性質とプロセス管理部から得られるデバッグ対象プログラムの実行状態を元にその指定された状態の一つ以上の存在場所を特定する場所決定部と、他の前記制御部もしくは前記実行部と通信するための通信部とを含み、各々の前記実行部がデバッグ対象プログラムを管理するプロセス管理部と、他の前記制御部もしくは前記実行部と通信するための通信部とを含み、前記ユーザインターフェース部がユーザからのデバッグ対象プログラムの状態表示要求を受けて、前記場所決定部に問い合わせてその状態の一つ以上の存在場所を獲得し、その全ての存在場所の前記プロセス管理部に前記通信部を通して状態獲得要求を送り、前記プロセス管理部が状態獲得要求を受けて管理しているデバッグ対象プログラムの実行状態を調べてその結果を要求元の前記ユーザインターフェース部に送り、結果を受けた前記ユーザインターフェース部が一つ以上の結果を受けてそれらをまとめてユーザに出力する事で、ユーザがデバッグ対象の分散システム内の状態を、その存在場所を知る事無く獲得する事を特徴とする請求項1～3いずれかに記載の分散デバッグ装置。

【請求項5】 前記プログラム管理手段は、ユーザからのデバッグ対象プログラムの状態変更要求を解釈し、前記実行状態管理部に変更を指示する事を特徴とする請求項3記載の分散デバッグ装置。

【請求項6】 前記プログラム管理手段の前記実行部内の前記プロセス管理部が、デバッグ対象プログラムの動作に応じてその動作を変更すると共に、その変更内容に基づいて同一実行部内の前記実行状態管理部に状態の変更を指示する

事を特徴とする請求項3記載の分散デバッグ装置。

【請求項7】 前記プログラム管理手段と前記デバッグ対象プログラムとが同一の分散システム構築基盤上に実現され、前記プログラム管理手段は前記分散システム構築基盤の提供する通信機能を使用する事を特徴とする請求項1～6いずれかに記載の分散デバッグ装置。

【請求項8】 前記プログラム管理手段は、デバッグ対象プログラムの起動方法を設定状態として保持する前記設定状態管理部と、遠隔計算機上に前記実行部を起動する遠隔デバッガ起動部と、ユーザからデバッグ対象プログラムとその実行開始場所の指定を解釈するユーザインタフェース部とを含み、前記ユーザインタフェース部がユーザからのデバッグ対象プログラムの指定を受けてこれを前記設定状態管理部に通知し、前記ユーザインタフェース部がユーザからのデバッグ対象プログラムの実行開始場所の指定を受けて、前記遠隔デバッガ起動部に指定された遠隔計算機上での前記実行部の起動を指示し、前記遠隔デバッガ起動部が指定された計算機上に前記実行部を起動し、前記ユーザインタフェース部が起動された前記実行部に対してデバッグ対象プログラムの実行開始を指示し、指示を受けた前記実行部の前記プロセス管理部が前記設定状態管理部の持つデバッグ対象プログラムの情報を得て、デバッグ対象プログラムの実行を開始する事で、ユーザの操作する計算機と異なる計算機上でデバッグ対象プログラムの実行を開発する事を特徴とする請求項2記載の分散デバッグ装置。

【請求項9】 複数の計算機上で動作するプログラムによって構成される分散システムをデバッグする分散デバッグ装置に用いるデバッグ方法であって、

各々の前記計算機上で実行されるデバッグ対象プログラムの設定状態及び実行状態の管理を各々の前記計算機を相互接続するネットワークを介して所定の前記計算機から他の前記計算機に対して実行するプログラム管理ステップを含むことを特徴とするデバッグ方法。

【請求項10】 前記プログラム管理ステップは、前記分散デバッグ装置を構成する個々のデバッグ装置が、ユーザや他の計算機からの設定変更の指示を受けるステップと、指示を受けて設定を変更するステップと、他の計算機からの指示かどうかを判断するステップと、通信を介していない指示の場合に通信を介し

て他の計算機上の前記デバッグ装置に対して指示を通知するステップとを含む事で、前記分散デバッグ装置の動作する全ての計算機上で同一の設定を用いてデバッグ対象の分散システムをデバッグする事を特徴とする請求項9記載のデバッグ方法。

【請求項11】 前記分散デバッグ装置を構成する個々のデバッグ装置が、実行状態変更の指示を受けるステップと、指示された状態が現状態と同じ状態への変更かどうか判断するステップと、同じ状態でない場合に状態を変更するステップと、前記実行状態変更を指示したのがデバッグ対象プログラムの管理状態の変化によるものかどうか判断するステップと、デバッグ対象プログラムの管理状態の変化によって状態変更が指示された場合に通信を介して他の計算機上の前記デバッグ装置に実行状態の変更を指示するステップと、デバッグ対象プログラムの管理状態の変化によって状態変更が指示されたのでない場合にデバッグ対象プログラムの管理を行っている前記デバッグ装置かどうか判断するステップと、デバッグ対象プログラムの管理を行っている前記デバッグ装置の場合に変更された状態に応じてデバッグ対象プログラムの管理状態を変更するステップとを含む事で、前記分散デバッグ装置の動作する全ての計算機上で同一の実行状態を維持する事を特徴とする請求項9又は10記載のデバッグ方法。

【請求項12】 前記分散デバッグ装置を構成する個々のデバッグ装置が、ユーザからの状態表示の指示を受けるステップと、指示を解釈するステップと、指示された状態の一つ以上の存在場所を特定するステップと、特定された全ての存在場所の前記デバッグ装置に状態獲得要求を送るステップと、状態獲得要求を受けた前記デバッグ装置がデバッグ対象プログラムの状態を獲得するステップと、獲得された状態を要求元の前記デバッグ装置に返信するステップと、要求元の前記デバッグ装置が全ての返信を受け取るステップと、受け取った返信内容をまとめてユーザに出力するステップを含む事で、ユーザがデバッグ対象の分散システム内の状態を、その存在場所を知る事無く獲得する事を特徴とする請求項9～11いずれかに記載のデバッグ方法。

【請求項13】 前記分散デバッグ装置を構成する個々のデバッグ装置が、ユーザからの状態変更の指示を受けるステップと、指示を解釈して実行状態の変

更するステップとを含む事を特徴とする請求項11記載のデバッグ方法。

【請求項14】 前記分散デバッグ装置を構成する個々のデバッグ装置が、デバッグ対象プログラムの動作状況を監視するステップと、監視中に特定の条件が満たされた場合にデバッグ対象プログラムの管理状態の変化させるステップと、管理状態の変化に応じて実行状態の変更を指示する事を特徴とする請求項11記載のデバッグ方法。

【請求項15】 複数の計算機上で動作するプログラムによって構成される分散システムをデバッグする分散デバッグ装置の制御プログラムを記録した記録媒体であって、

各々の前記計算機上で実行されるデバッグ対象プログラムの設定状態及び実行状態の管理を各々の前記計算機を相互接続するネットワークを介して所定の前記計算機から他の前記計算機に対して実行するプログラム管理ステップを記録したことを特徴とする記録媒体。

【請求項16】 前記プログラム管理ステップは、前記分散デバッグ装置を構成する個々のデバッグ装置が、ユーザや他の計算機からの設定変更の指示を受けるステップと、指示を受けて設定を変更するステップと、他の計算機からの指示かどうかを判断するステップと、通信を介していない指示の場合に通信を介して他の計算機上の前記デバッグ装置に対して指示を通知するステップとを含む事で、前記分散デバッグ装置の動作する全ての計算機上で同一の設定を用いてデバッグ対象の分散システムをデバッグする事を特徴とする請求項15記載の記録媒体。

【請求項17】 前記分散デバッグ装置を構成する個々のデバッグ装置が、実行状態変更の指示を受けるステップと、指示された状態が現状態と同じ状態への変更かどうか判断するステップと、同じ状態でない場合に状態を変更するステップと、前記実行状態変更を指示したのがデバッグ対象プログラムの管理状態の変化によるものかどうか判断するステップと、デバッグ対象プログラムの管理状態の変化によって状態変更が指示された場合に通信を介して他の計算機上の前記デバッグ装置に実行状態の変更を指示するステップと、デバッグ対象プログラムの管理状態の変化によって状態変更が指示されたのでない場合にデバッグ対象プ

ログラムの管理を行っている前記デバッグ装置かどうか判断するステップと、デバッグ対象プログラムの管理を行っている前記デバッグ装置の場合に変更された状態に応じてデバッグ対象プログラムの管理状態を変更するステップとを含む事で、前記分散デバッグ装置の動作する全ての計算機上で同一の実行状態を維持する事を特徴とする請求項15又は16記載の記録媒体。

【請求項18】 前記分散デバッグ装置を構成する個々のデバッグ装置が、ユーザからの状態表示の指示を受けるステップと、指示を解釈するステップと、指示された状態の一つ以上の存在場所を特定するステップと、特定された全ての存在場所の前記デバッグ装置に状態獲得要求を送るステップと、状態獲得要求を受けた前記デバッグ装置がデバッグ対象プログラムの状態を獲得するステップと、獲得された状態を要求元の前記デバッグ装置に返信するステップと、要求元の前記デバッグ装置が全ての返信を受け取るステップと、受け取った返信内容をまとめてユーザに出力するステップを含む事で、ユーザがデバッグ対象の分散システム内の状態を、その存在場所を知る事無く獲得する事を特徴とする請求項15～17いずれかに記載の記録媒体。

【請求項19】 前記分散デバッグ装置を構成する個々のデバッグ装置が、ユーザからの状態変更の指示を受けるステップと、指示を解釈して実行状態の変更するステップとを含む事を特徴とする請求項17記載の記録媒体。

【請求項20】 前記分散デバッグ装置を構成する個々のデバッグ装置が、デバッグ対象プログラムの動作状況を監視するステップと、監視中に特定の条件が満たされた場合にデバッグ対象プログラムの管理状態の変化させるステップと、管理状態の変化に応じて実行状態の変更を指示する事を特徴とする請求項17記載の記録媒体。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明はネットワークによって結合された複数の異なる計算機上で動作するソフトウェアを容易に開発するためのソフトウェアのデバッグを行うシステム及び方法並びに記録媒体に関し、特にネットワークで結合された複数の計算機を、プ

ログラムに対して仮想的にあたかも一つの計算機であるかのように見せる分散透明技術について、この分散透明技術用に記述されたプログラムを実行時に容易にデバッグする事を可能にする分散デバッグ装置及びデバッグ方法並びに制御プログラムを記録した記録媒体に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

(分散システム構築基盤) 従来、複数の計算機にまたがった処理を行う分散システムを構築しようとした場合、個々の計算機毎にソフトウェアモジュールを作成し、その間で通信を行う形で実現されていた。この代表的な例はクライアント/サーバ型システムであり、クライアント用プログラムとサーバ用プログラムが別に記述され、それぞれが別の計算機に配布され、その計算機上で実行されていた。このため、プログラマはシステム本来の処理以外にモジュール間の通信機構を設計・作成する必要があり、システムの実現を困難な物にしていた。

## 【0003】

これに対して、近年、このような分散システムを容易に構築するための技術として、分散システム構築基盤がいくつか用いられるようになってきている。分散システム構築基盤の一つに、分散オブジェクトと呼ばれる技術が知られている。これはオブジェクト指向システムにおいて、異なる計算機上のオブジェクトを同一計算機上のオブジェクトと同じように操作できる技術である。オブジェクト指向システムでは、オブジェクトの持つ「メソッド」と呼ばれる手続きを次々呼び出す事でプログラムを実行するが、分散オブジェクトではメソッド呼び出し先のオブジェクトが呼び出し元のオブジェクトと同一計算機内でも異なる計算機上でも、プログラムソースコード上は同じように記述する事が出来るため、一度オブジェクト群を複数計算機上へ分散配置してしまえば、以後オブジェクトの配置や異なる計算機上のオブジェクトへのアクセスに必要な通信の発生などを、プログラマは意識する事無く、分散システムのプログラムを容易に記述する事が可能となる。この分散オブジェクト技術の代表的な例としては、オブジェクト管理グループ(OMG)によって規定されているCORBA、Sun Microsystems, Inc.によって規定しているJava-RMI、特開平11-0

47025号公報で述べられる M o b i d g e t などがあげられる。

#### 【0004】

又、他の分散システム構築基盤として、エージェント移動と呼ばれる技術が知られている。これは、エージェントと呼ばれるコンピュータプログラムの実行単位が、ある計算機上で実行中に「移動」という命令を呼び出す事で、呼び出した時点でのエージェントの実行状態を保存したまま他の計算機上に移動し、移動先で呼び出した直後から実行を再開する事を可能にする技術である。エージェント移動を用いる事で、プログラムの任意の箇所に「移動」命令を挿入するだけで、複数計算機上で実行する必要のある処理を、あたかも单一計算機上で実行されるプログラムのように容易に記述する事が可能となる。このエージェント移動の代表的な例としては、特開平7-182174号公報で述べられる T e l e s c r i p t や、特開平11-047025号公報で述べられる M o b i d g e t などがあげられる。

#### 【0005】

分散オブジェクトとエージェント移動の両技術に共通するのは、ネットワークで結合された複数の計算機を、あたかも一つの計算機のように扱う事を可能にすることで分散システムの構築を容易にする、「分散透明」という考え方である。分散透明性を提供する分散システム構築基盤を利用する事で、分散システム用のプログラムを記述する上での困難さの内、分散である事に起因する困難さ、例えばモジュール間の通信を記述する事の困難さや、分散システム内の様々な情報やリソースが複数の計算機上にどのように配置されているかという事を意識しなければならないという困難さを回避する事が出来る。よって、プログラマは分散以外の困難さに注力出来るため、このような技術を利用する事は非常に有効である。

#### 【0006】

(並列実行) 一方、分散システムを効率的に動作させようとした場合、システムの実行を並列化する事が有効である。一般的に、一つの計算機はそれぞれ独立したC P U資源や1次記憶、2次記憶などのメモリ資源を持ち、他に影響されずに独立に動作する事が可能である。よって、仮に2台の計算機があり、それぞ

れで計算処理を行う必要がある場合、まず片方の計算機で計算処理を行いそれが終了してから他方の計算機で計算処理を行うという連続的な実行を行うより、可能なら2台の計算機で同時に並列に計算処理を実行させ、計算終了時に結果だけまとめる、とした方が短時間で計算処理を終了する事が出来る。

#### 【0007】

加えて、一般的に異なる計算機間でネットワークを介して情報をやりとりする速度は、単一計算機内部で1次記憶などを介して情報をやりとりするのと比較して、情報の転送速度や実行の遅延時間などが圧倒的に遅いという問題がある。このため、遠隔計算機へのアクセスと計算機内での計算処理を両方行う必要のあるプログラムでは、片方の処理を行ってから他方の処理を連続的に実行するより、両方の処理を並列に実行して、遠隔計算機へのアクセスの待ち時間の間にCPUに計算機内での計算処理を行わせるようにした方が、CPUの計算能力を有效地に活用する事が出来る。プログラム内部の処理を並列化させる技術としては、マルチスレッドが広く知られている。

#### 【0008】

(分散デバッグ装置) 分散透明技術やマルチスレッド技術を用いる事で、効率的なプログラムを容易に記述する事が可能となるが、実際にシステムを構築する上では、記述したプログラムのデバッグが重要となる。従来より広く用いられているデバッグ手法に、ソースレベルデバッガと呼ばれる装置を用いる方法がある。これは、デバッグ対象となるプログラムを実際に実行しながら、これをデバッグ装置が監視し、ブレークポイントなどを設定して実行を任意の箇所で一時停止させたり、一時停止中のプログラムの実行スタックや変数の内容を表示させたり、任意の変数を監視してその変数に変更があったら表示させるなどして、プログラムの実行状態の把握を容易にするものである。

#### 【0009】

しかしながら、従来のソースレベルデバッガは、単一計算機上で動作するプログラムしか想定しておらず、複数計算機上で動作する分散システムをデバッグしようとした場合、各計算機毎に複数のソースレベルデバッガを起動して、それぞれを個別のユーザインターフェースを通して操作する必要があるなど、その利用は

困難なものであった。

【0010】

このような問題を解決する技術として、既に幾つかの分散システム用のデバッグ技術が提案されている。特開平11-203140号公報開示の技術は、エージェント移動用のデバッグ技術として、エージェントの移動に合わせて、移動先でそのエージェント用のデバッガを自動的に起動する事を特徴とする。これにより、複数の計算機上を移動して回るエージェントをデバッグする際に、事前に全ての計算機上でデバッガを起動しておく必要は無くなる。

【0011】

特開平9-120366号開示の技術は、分散オブジェクトシステムで遠隔オブジェクトのメソッドを起動する場合に、これをデバッグする上で、デバッガのステップ(step)実行の機能を両計算機にまたがって分散透明に使用できるようにするとともに、遠隔オブジェクトの存在場所がメソッド起動元で分からぬ場合にも、その場所を特定してデバッグ可能にする事を特徴とする。これにより、処理が複数の計算機にまたがって実行される場合でも、その処理の分散を意識する事無く、分散透明にstep実行機能を用いる事が可能となる。

【0012】

特開平8-272644号開示の技術は、遠隔計算機上に処理要求を送る場合に、デバッグ付き要求を送ることで、遠隔計算機上で起動されたプロセスをデバッグするデバッガを自動的に起動して、これに対してデバッグコマンドを送付可能にしている。又、特開平5-346912号開示の技術は、遠隔計算機上で動作する複数のデバッガに対して、单一のユーザインターフェースから操作する事を可能にしている。

【0013】

又、この種の技術の他の例が特開平5-224984号公報、特開平5-324394号公報、特開平8-185378号公報、特許第2782971号公報及び特開平5-197586号公報に開示されている。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

第一の問題点は、複数の計算機上で動作する複数のデバッガを操作するのに、基本的にそれぞれのデバッガに対して個別に設定を行う必要がある事である。その理由は、従来技術では個々の計算機上のデバッガを自動的に起動するが、起動された個々のデバッガはあくまで独立したものであり、それらを共通のユーザインターフェースを通して容易に操作できるようにしているに過ぎないからである。

#### 【0015】

特開平11-203140号公報、特開平8-272644号公報、特開平5-346912号公報開示の技術では、遠隔地でデバッガを自動的に起動するが、起動されたデバッガは他のデバッガとは独立したものであり、その設定内容などは何も考慮されない。特開平9-120366号公報開示の技術では、`ste p` 実行という限定された処理に関して他のデバッガに対して自動的にブレークポイント設定操作を行っているが、個別操作が不要なのはこの機能のみである。

#### 【0016】

第二の問題点は、複数の計算機上で動作するデバッガの実行状態が計算機毎に管理されてしまい、ある計算機上での実行状態の変化が、ユーザインターフェースを除く他の計算機に反映されない事である。その理由は、従来技術ではデバッグの対象としているプログラムは単一計算機内でのみ動作するものであり、一つのプログラムが複数の計算機上にまたがって実行される場合の、通信先の動作まで考慮していない、あるいは異なる計算機上で別の処理が並列動作する事を考慮していないからである。デバッグ対象の分散システム内に動作の並列性が存在しない場合は、その時動作していた計算機のみ停止させれば、他の計算機上での処理は元々動作していないので問題にはならないが、複数の計算機にまたがって並列動作しているシステムをデバッグする際には、いずれか一つの計算機上でブレークポイントが検出され、その計算機上での処理が一時停止させられた場合に、他の計算機上での処理は停止させられずに実行を継続してしまい、システム全体の状態を把握する事が困難となってしまう。

#### 【0017】

一方、特開平9-120366号公報開示の技術では、一つのプログラムを複数の計算機にまたがって実行される事を考慮しているが、これはプログラムの並

列性に対処する機能を持っていない。特開平9-120366号公報開示の技術ではサーバがマルチスレッドシステムになっている事は考慮しているが、これはサーバという一計算機内の並列処理の話であり、一つのクライアントが複数のサーバに並列に処理を実行するような、分散並列を考慮したものではない。

#### 【0018】

いずれの問題点によっても、デバッグ装置のユーザが、デバッグ装置ならびにデバッグ対象のシステムが複数計算機に分散されている事を意識して使用せねばならず、分散システム構築基盤の提供する分散透明性の利点を、デバッグ時には享受できなくなってしまう。又、他の公報開示の技術にもこれらの問題点を解決する技術は開示されていない。

#### 【0019】

そこで本発明の目的は、プログラマに対して、より分散透明性の高いデバッグ環境を提供し、分散システムのデバッグをより容易にする事である。特に、デバッグ装置の設定状態や実行状態について、プログラマに複数計算機への分散を意識させず、あたかも单一計算機上で動作するプログラムを单一計算機上で実行しデバッグするような分散デバッグ環境を提供する事にある。

#### 【0020】

##### 【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために本発明による第1の発明は、複数の計算機上で動作するプログラムによって構成される分散システムをデバッグする分散デバッグ装置であって、その装置は各々の前記計算機上で実行されるデバッグ対象プログラムの設定状態及び実行状態の管理を各々の前記計算機を相互接続するネットワークを介して所定の前記計算機から他の前記計算機に対して実行するプログラム管理手段を含むことを特徴とする。

#### 【0021】

又、本発明による第2の発明は、複数の計算機上で動作するプログラムによって構成される分散システムをデバッグする分散デバッグ装置に用いるデバッグ方法であって、その方法は各々の前記計算機上で実行されるデバッグ対象プログラムの設定状態及び実行状態の管理を各々の前記計算機を相互接続するネットワー

クを介して所定の前記計算機から他の前記計算機に対して実行するプログラム管理ステップを含むことを特徴とする。

【0022】

さらに、本発明による第3の発明は、複数の計算機上で動作するプログラムによって構成される分散システムをデバッグする分散デバッグ装置の制御プログラムを記録した記録媒体であって、その記録媒体には各々の前記計算機上で実行されるデバッグ対象プログラムの設定状態及び実行状態の管理を各々の前記計算機を相互接続するネットワークを介して所定の前記計算機から他の前記計算機に対して実行するプログラム管理ステップが記録されていることを特徴とする。

【0023】

本発明による第1乃至第3の発明では、デバッグ装置の設定状態を管理し、いずれかの計算機上で設定状態の変更が行われた場合にこれを全ての遠隔計算機上に通知することで、設定状態の共通化を図ると共に、いずれかの計算機上でデバッグ装置の実行状態が変化した場合に、これを他の計算機に通知して、実行状態の共通化を図ることが可能となる。

【0024】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について添付図面を参照しながら説明する。図1は本発明に係る分散デバッグ装置の第1の実施の形態の構成図である。図1を参照すると、本発明のデバッグ装置は、制御部101と実行部102により構成される。制御部101と実行部102はそれぞれ任意の計算機上に一つないしは複数配置され、ネットワーク130により結合される。

【0025】

制御部101はユーザとの入出力を処理する部分である。制御部101は、ユーザからのデバッガに対する指示を受けてこれを処理するとともに、デバッガからの出力をユーザに表示するユーザインターフェース部103、デバッグ装置の設定を管理する設定状態管理部104、デバッガの実行状態を管理する実行状態管理部105、設定状態や実行状態を実行部や他の制御部に通知する通信部106、通知先を管理する通信対象管理部107、デバッグ対象システム内のある状態

を得ようとした時にその存在場所を特定する場所決定部108、他の計算機上に新たに実行部を起動する遠隔デバッガ起動部109からなる。

#### 【0026】

実行部102はデバッグ対象プログラムの管理を行う部分である。実行部102は、設定状態管理部104、実行状態管理部105、通信部106、通信対象管理部107、遠隔デバッガ起動部109に加えて、デバッグ対象プログラム120を管理し、ブレークポイントの設定や実行状態の読みだしなどを行うプロセス管理部110からなる。

#### 【0027】

設定状態管理部104は、デバッガの設定状態を計算機の一次記憶や二次記憶上に格納する。実行状態管理部は105、デバッガの実行状態を計算機の一次記憶や二次記憶上に格納する。通信部106はネットワーク130を介して他の通信部に接続されている。通信対象管理部107は情報を通知する全ての計算機上の通信部の位置情報を計算機の一次記憶や二次記憶上に格納する。

#### 【0028】

次に、図1を用いて第1の実施の形態の動作について説明する。ユーザは、ユーザインターフェース部103を通して、ブレークポイントや変数の監視の設定、変数やスタックの状態の表示などといった、デバッガに対する処理を入力する。ユーザインターフェース部103は入力を解釈し、ブレークポイントや変数の監視の設定などといったデバッガの設定状態を変更する入力であった場合、設定状態管理部104に対して設定状態の変更を指示する。指示を受けた設定状態管理部104は設定状態を変更すると共に、この変更内容を他の計算機上の設定状態管理部104に通知する事を通信部106に指示する。指示を受けた通信部106は通信対象管理部107に問い合わせて全ての通信先の位置情報を獲得し、ネットワーク130を介してこれらに設定状態の変更を通知する。設定状態の変更通知を受け取った他の計算機上の通信部106は、これを設定状態管理部104に通知し、設定状態を変更する。

#### 【0029】

一方、プロセス管理部110はデバッグ対象プログラム120の実行状態を管

理し、例えばデバッグ対象プログラムの実行中にブレークポイントを検出した場合などは、デバッグ対象プログラム120を一時停止させると共に実行状態管理部105にデバッグ対象プログラムの一時停止を通知する。通知を受けた実行状態管理部105はデバッガの実行状態を変更すると共に、この変更内容を他の計算機に通知する事を通信部106に指示する。指示を受けた通信部106は、通信対象管理部107に問い合わせて全ての通信先の位置情報を獲得し、ネットワーク130を介してこれらに実行状態の変更を通知する。実行状態の変更通知を受け取った他の計算機上の通信部106は、これを実行状態管理部105に通知する。通知を受けた実行状態管理部105は、受けた通知内容に従い、プロセス管理部110に状態の反映を指示すると共に、自身の実行状態を変更する。

#### 【0030】

又、ユーザもユーザインターフェース部103を通して実行状態の変更を指示する。ユーザインターフェース部103は入力を解釈し、実行中のデバッグ対象プログラム120の一時停止、一時停止中のデバッグ対象プログラム120の実行再開などといった、実行状態の変更に対する指示が入力された場合、実行状態管理部105に指示を通知する。指示を受けた実行状態管理部105は通信部を通して他の計算機上の実行状態管理部105に指示内容を通知し、通知を受けた実行状態管理部105はプロセス管理部110に状態の反映を指示すると共に、自身の実行状態を変更する。

#### 【0031】

デバッグ対象プログラム120が他の計算機と通信を行おうとした場合、プロセス管理部110はこれを検知し、通信対象管理部107に問い合わせて既にこの計算機上で実行部102が起動されているかどうかを調べ、起動されていなければ遠隔デバッガ起動部109にこの計算機上で実行部102の起動を指示する。遠隔デバッガ起動部109は指定された計算機上に新たに実行部102を起動するとともに、起動した実行部への通信手段を通信対象管理部107に追加し、さらに設定状態管理部104、実行状態管理部105、通信対象管理部107に新たに起動された実行部102に対してその時の設定状態、実行状態、通信対象リストを通知するように指示する。新たに起動された実行部102は設定状態

、実行状態、通信対象リストを受け取り、他の実行部102と同じ状態で実行を開始する。又、通信対象管理部107に新たに追加された情報は、通信部106を通して他の計算機上の通信対象管理部107に通知される。

#### 【0032】

もしくは、ユーザが特定の計算機上でデバッグ対象プログラム120の実行開始を指示した場合、ユーザインターフェース部103は同様に通信対象管理部107に問い合わせて既にこの計算機上で実行部102が起動されているかどうか調べ、起動されていなければ遠隔デバッガ起動部109にこの計算機上での実行部102の起動を指示する。

#### 【0033】

又、ユーザがユーザインターフェース部103を通して、デバッグ対象プログラム120の状態の表示や変更を指示した場合、ユーザインターフェース部103は場所決定部108を用いて該当する状態の存在する一つ、あるいは複数の計算機を特定し、通信部106を通してその計算機上のプロセス管理部に状態の獲得を要求する。場所決定部108は指定された内容からその実行場所を推測すると共に、推測した計算機上のプロセス管理部110に状態の存在場所に関する情報を問い合わせ、これを用いて状態の実際の存在場所を特定する。

#### 【0034】

通知を受けたプロセス管理部110はデバッグ対象プログラム120の状態を調べ、得られた結果を通知元のユーザインターフェース部103に転送する。ユーザインターフェース部103は後述する出力整形機能を用いて得られた結果を加工してユーザに表示する。

#### 【0035】

本発明により、複数の計算機上に存在するデバッグ対象プログラムは、全て同じ設定状態に基づいたデバッグ装置に管理されると共に、その結果発生するデバッグ装置の実行状態の変更も全ての他の計算機上のデバッグ対象プログラムに反映される。このため、ユーザは分散システムを構成するするプログラムがいつどの計算機上で実行されているのかを意識する事なしにデバッグを行う事が可能となる。加えて、分散システム中の状態を表示や変更するのに、その状態がどの計

算機上に存在するのかを意識する必要がなくなり、あたかも単一計算機上で動作しているプログラムのようにデバッグをする事が可能となる。

#### 【0036】

次に、第1の実施の形態の具体的な構成及び動作について説明する。なお、本発明は、プログラム制御により動作するコンピュータと、キーボードやマウス、ディスプレイ等の入出力機器や、メモリやハードディスクなどの記憶装置などといった周辺機器を、プログラムで制御するする事で実現する事が一般的であると思われる。

#### 【0037】

図2は第1の実施の形態の具体的構成を示す図である。分散デバッグ装置は、一つの制御部101と一つないしは複数の実行部102を有する。制御部101はユーザインターフェース部103、設定状態管理部104、実行状態管理部105、通信部106、通信対象管理部107、場所決定部108、遠隔デバッガ起動部109を有する。実行部102は、設定状態管理部104、実行状態管理部105、通信部106、通信対象管理部107、遠隔デバッガ起動部109、プロセス管理部110を有する。ユーザインターフェース部103は、入出力機能131、入力解釈機能132、出力整形機能133を有する。入出力機能131はキーボードやマウス、ディスプレイによって構成される。

#### 【0038】

設定状態管理部104は、全計算機での共通設定と、特定計算機への固有設定を有する。共通設定は、デバッグ対象プログラムの実行コード、複数のブレークポイントの情報を保持するBPテーブルと、複数の監視変数の情報を保持する変数テーブルを持つ。固有設定は、この計算機内でのみ有効なブレークポイントを保持する固有BPテーブル、この計算機内でのみ有効な変数監視の情報を保持する固有変数テーブルを有する。

#### 【0039】

実行状態管理部105は、全計算機での共通状態と、特定計算機への固有状態を有する。共通状態は、デバッグ装置の‘実行中’、‘一時停止中’、‘step実行中’、‘プログラム未実行状態’といった状態を表す状態変数を一つ有す

る。固有状態は、デバッグ対象プログラムの実行中プロセスのプロセス番号を持つ。通信対象管理部107は、通信先の他の計算機のネットワークアドレスとその上で通信部106と接続するためのポート番号を組とする情報のテーブルを有する。プロセス管理部110は、実行中のデバッグ対象プログラムに接続される。遠隔デバッガ起動部109は、外部の遠隔プログラム実行装置201に接続される。外部の遠隔プログラム実行装置201は、UNIXのrshや、デバッグ対象プログラムの実行装置の持つ機能、分散デバッグ装置専用に作られた装置などが考えられる。

#### 【0040】

次に、この分散デバッグ装置の動作について説明する。図3はユーザインタフェース部の入力解釈機能の入力と対応する動作を表す図である。ユーザインタフェース部103の入力解釈機能132は、図3のようにユーザからの入力を解釈し動作する。'デバッグ対象プログラムの指定'、'ブレークポイントの追加'、'ブレークポイントの削除'、'変数監視の追加'、'変数監視の削除'を受けた場合、入力解釈機能132は設定状態管理部104に通知する。'実行開始'、'実行一時停止'、'実行終了'、'step実行'を受けた場合、入力解釈機能132は実行状態管理部105にこれを通知する。'スタック状態の表示'、'変数状態の表示'を受けた場合、入力解釈機能132は場所決定部108を用いて状態の存在する一つあるいは複数の計算機を特定し、これらのプロセス管理部110に対して状態問い合わせ要求を送るとともに、出力整形機能133に対して、要求した状態の種類や数を通知する。

#### 【0041】

ユーザインタフェース部103の出力整形機能133は、プロセス管理部110から送られて来る出力の表示を行う。特に、入力解釈機能132から表示すべき状態の種類や数が通知されていた場合、この情報を元に複数のプロセス管理部110からの情報を一つにまとめたり、集計・分析などして、ユーザに表示する。

#### 【0042】

図4は設定状態管理部104の動作を表すフローチャートである。設定状態管

理部104は、ステップ401で設定変更要求を受信し、ステップ402でこれを状態に反映し、ステップ403で通信部106を通した他の計算機からの要求かどうかを判断し、他の計算機からの要求でない場合はステップ404で固有設定の変更であったかどうかを判断し、固有設定の変更でなかった場合は通信部106を通して他の計算機上の全ての設定状態管理部104に通知する。ステップ403や404で通信部106を通して他の計算機から変更要求が来たか、あるいは固有設定の変更要求が来たと判断された場合は、状態を変更するのみで、他への通知は行わない。

#### 【0043】

図5は実行状態管理部105の動作を表すフローチャートである。実行状態管理部105は、ステップ501で実行状態変更要求を受信し、まずステップ502で現在の状態と同じ状態への変更指示かどうかを判断し、同じ状態であった場合は、これを無視する。次に異なる状態であった場合、ステップ503で状態に変更を反映し、ステップ504で固有状態の変更か否かをチェックし、固有状態の変更であった場合は以後何もしない。一方、共有状態の変更であった場合、ステップ505でプロセス管理部からの変更要求であったかどうかを確認し、プロセス管理部からの要求であった場合はステップ507で通信部106を通して接続されている他の全ての実行状態管理部105に変更内容を通知する。

#### 【0044】

一方、プロセス管理部からの要求ではなく、しかもステップ507で制御部内でなく実行部内であると判断された場合、状態の変更内容に応じて、プロセス管理部110に処理を指示する。

#### 【0045】

具体的には、ステップ508で状態が‘実行中’になった場合は511で実行の開始もしくは再開を、ステップ509で‘実行一時停止’になった場合はステップ512で実行の一時停止を、ステップ510で‘実行終了’になった場合はステップ513で実行の停止を、そうでなく‘step実行’になった場合はステップ514でstep実行を、それぞれプロセス管理部に指示する。

#### 【0046】

通信部106は、他の部分からの通信要求を受け取り、その内容に応じて、通信対象管理部107の有する全て、あるいは一部の通信先にメッセージを送る。又、他の通信部106からのメッセージを受け取り、その内容に応じて、計算機内の他の部分を呼び出す。

#### 【0047】

通信対象管理部107は、通信部106からの問い合わせに応じて所有する全て、あるいは一部の通信先の情報を教える。又、遠隔デバッグ起動部109からの指示で、新たに起動された通信先の情報を追加し、追加された情報を通信部を通して他の計算機上の通信対象管理部107に通知する。

#### 【0048】

プロセス管理部110は、ユーザインタフェース部103の入力解釈機能や実行状態管理部105からの指示に基づいて、デバッグ対象プログラム120の実行開始、終了、一時停止、step実行を行う。又、設定状態管理部104に記録されているブレークポイントや変数監視の情報に基づいてデバッグ対象プログラム120の実行を開始し、ブレークポイントを検出した場合はデバッグ対象プログラム120の一時停止を行うと共に実行状態管理部105に状態の一時停止への変更を通知し、監視する変数の変更が検出された場合は通信部106を通してユーザインタフェース部103の出力整形機能に変数の変更があった旨を表示するよう通知する。

#### 【0049】

又、デバッグ対象プログラムが一時停止状態である時に、通信部106を通してユーザインタフェース部103の入力解釈機能から状態の獲得要求が来た場合、一時停止中のデバッグ対象プログラムの該当する状態をしらべ、この結果を通して通信部106を通して要求元のユーザインタフェース部103に通知する。同様に、通信部106を通して場所決定部103から状態の獲得要求が来た場合、該当する状態を調べ、結果を通して通信部106を通して要求元の場所決定部103に通知する。

#### 【0050】

次に、第2の実施の形態について説明する。第2の実施の形態は分散デバッグ

装置の制御プログラムを記録した記録媒体及び記録媒体駆動装置に関するものである。図6は記録媒体駆動装置の一例の構成図である。図6を参照すると、記録媒体駆動装置はCPU(中央処理装置)151と、入力部152と、記憶部153とを含んで構成され、このCPU151が前述した制御部101-1~101-M(Mは正の整数)及び実行部102-1~102-N(Nは正の整数)を制御する。そして、この記録媒体駆動装置が記録媒体154を駆動する。一方、記録媒体154には前述した図4及び図5のフローチャートで示される分散デバッグ装置の制御プログラムが予め記録されている。

#### 【0051】

次に、この記録媒体駆動装置の動作について説明する。まず、入力部152よりプログラムのロード命令がCPU151に入力されると、CPU151は記録媒体154からプログラムを読み込む。そして、読み込んだプログラムを記憶部153に書込む。次に、入力部152よりプログラムの実行命令がCPU151に入力されると、CPU151は記憶部153よりプログラムを読み込み、その読み込んだプログラムに従って制御部101-1~101-M及び実行部102-1~102-Nを制御する。その制御内容については既に述べたので説明を省略する。

#### 【0052】

##### 【実施例】

次に、本発明の実施例について説明する。この実施例は第1の実施の形態の実施例である。まず、第1実施例から説明する。図7は第1実施例の構成図である。図7を参照すると、ネットワーク130で結ばれた3台の計算機、計算機a、計算機b、計算機cが存在し、その3台の計算機上でプログラムの実行コードcode-A601、code-B602を実行する事で動作する分散システムを、本発明の分散デバッグ装置でデバッグする際の動作を例として説明する。

#### 【0053】

図8はcode-A601とcode-B602の内容の記述例を示す図である。code-A601は4つの関数定義、main, func-A, func-A2, func-A3を持つ。関数mainはプログラム起動用関数であり、起動時の引数argsを取る。ここで、起動時の引数が何も指定されていなければ

ば `func-A2` を引数 ' 計算機 b ' で呼び出して單一スレッドで動作し、引数が何か与えられれば `func-A2` を引数 ' 計算機 b ' で実行するスレッドと `func-A2` を引数 ' 計算機 c ' で実行するスレッドの二つのスレッドを生成する。生成された二つのスレッドは並行して動作する。関数 `func-A2` は引数 ' x ' を取り、これを引数に関数 `func-A3` を呼び出す。関数 `func-A3` は引数 ' x ' を取り、これを関数の実行場所として関数 `func-B` を呼び出す。

#### 【0054】

この時、関数 `func-B` は `func-A3` を実行していた計算機ではなく、`x` で指定される計算機上で実行を開始し、実行が終了すると再び `func-A3` を実行していた計算機上で実行を継続する。関数 `func-A` は任意の処理 ' 処理 A ' を実行する。`code-B602` は 1 つの関数定義、`func-B` を持つ。関数 `func-B` は、`int` 型の変数 X を持ち、任意の処理 ' 処理 B ' を実行した後、関数 `func-A` を呼び出す。特に明記しない限り、呼び出された関数は呼び出した関数と同じ計算機上で実行される。

#### 【0055】

(起動) 初期状態では、制御部 101、実行部 102a、102b、102c、は起動されていないものとする。ユーザはまずデバッグ対象プログラムの実行コード `code-A601` のファイル名を指定して分散デバッグ装置の制御部 101 を起動する。起動された時、実行状態管理部 105 の変数の状態は ' プログラム未実行状態 ' に、通信対象管理部 107 は自身のネットワークアドレスとポート番号を持つように初期化される。続いて制御部 101 の入力解釈機能は指定された実行コード `code-A` のファイル名を設定状態管理部 104 に記録した後、遠隔デバッガ起動部 109 を用いて同一計算機内に実行部 102a を起動し、これに通信部 106 を介して設定状態管理部 104 と実行状態管理部 105 と通信対象管理部 107 の管理する、設定状態の共通設定、実行状態の共有状態、通信先情報テーブルを転送する。起動された実行部 102a はこれらの内容を通信部 106a を通して受信し、受信した内容を設定状態管理部 104a と実行状態管理部 105a と通信対象管理部 107a の管理する、に反映する。

## 【0056】

ユーザがユーザインターフェース部103を通してcode-A601中の関数func-Aにブレークポイントを設定すると、ユーザインターフェース部103の入力解釈機能は設定状態管理部104にブレークポイント追加の指示を出す。

## 【0057】

設定状態管理部104はfunc-Aへのブレークポイント情報をBPテーブルに追加し、この変更を通信部106を通して実行部102aの設定状態管理部104aに通知する。通知を受けた設定状態管理部104aは、自身のBPテーブルに同じくfunc-Aへのブレークポイントを追加する。

## 【0058】

ユーザがユーザインターフェース部103を通してデバッグ対象プログラムの実行開始を指示すると、ユーザインターフェース部103の実行解釈機能は実行状態管理部105の状態を‘実行中’に変更する。実行状態管理部105はこれをうけて、通信部106を通して実行部102aの実行状態管理部105aに状態の‘実行中’への変更を指示する。指示を受けた実行状態管理部105aは、実行状態を‘実行中’に設定すると共に、プロセス管理部110aにデバッグ対象プログラムとして実行開始を指示する。プロセス管理部110aは、設定状態管理部104aに記録されている実行コードcode-Aをデバッグ対象プログラム120aとして実行開始する。実行を開始したデバッグ対象プログラム120aのプロセスIDは、実行状態管理部105aのプロセス番号に保存される。このプロセス番号は固有状態であるため、他の計算機には転送されない。

## 【0059】

(单ースレッドの場合のリモート関数呼び出しのデバッグ) ユーザがcode-Aを引数無しで起動した場合、code-A中のmain関数から実行を開始したデバッグ対象プログラム120aが、main関数の中からfunc-A2、func-A3と呼び出して、ここで計算機bに対して通信を行い、計算機b上でcode-B中のfunc-Bを実行しようとすると、プロセス管理部110aはこれを検知し、通信対象管理部107aに計算機bが登録されているかどうかを調べ、登録されていなければ遠隔デバッガ起動部109aに計算機bで

の実行部の起動を指示する。遠隔デバッグ起動部109aは計算機b上に新たに実行部102bを起動するとともに、設定状態管理部104aと実行状態管理部105aと通信対象管理部107aに起動された実行部102bに状態を通知させる。起動された計算機bの実行部102bは、設定状態と実行状態と通信先情報を受信した後、計算機b上で計算機aからの通信を受けたデバッグ対象プログラム120bに接続し、そのプロセスIDを実行状態管理部105bのプロセス番号に保存し、デバッグを開始する。

#### 【0060】

func-Bが計算機b上でcode-A中のfunc-Aを呼び出そうとすると、計算機b上の実行部102bのプロセス管理部110bはfunc-Aに設定されたブレークポイントを検知し、デバッグ対象プログラム120bを一時停止させると共に、実行状態管理部105bの状態の一時停止への変更を通知する。実行状態管理部105bは状態を‘一時停止中’に設定すると共に、通信部106bに実行状態の変更通知を指示する。通信部106bは通信対象管理部107bから制御部101と実行部102aの通信先情報を得て、これらに実行状態の‘一時停止中’への変更の通知を行う。通知を受け取った制御部101と実行部102aの通信部106と106aは、通知内容が実行状態の変更である事から、それぞれ実行状態管理部105及び105aに通知内容を送る。実行状態管理部105及び105aはそれぞれ状態を‘一時停止中’に設定すると共に、実行部102aの実行状態管理部105aはプロセス管理部110aに実行一時停止を指示する。プロセス管理部110aはこれを受けて計算機a上のデバッグ対象プログラム120aの実行を一時停止させる。

#### 【0061】

デバッグ対象プログラム120aと120bが一時停止中の間、ユーザはデバッグ対象プログラム内120aと120bの関数の実行スタックや、内部データ構造の表示をユーザインターフェース部103を通して指示できる。

#### 【0062】

図9はfunc-Aに設定されたブレークポイントで停止中のデバッグ対象プログラム120aと120bの実行スタックの構成図である。関数mainより

実行を開始したスレッドの実行スタックは、計算機a上の部分801と計算機b上の部分802に分かれて存在している。

## 【0063】

ユーザが実行スタックの表示を指示すると、ユーザインターフェース部103の入力解釈機能は、場所決定部108に実行スタックの存在場所を問い合わせる。場所決定部108は、実行は必ず最初にデバッグ対象プログラムを起動した場所から始まる事から、実行スタックもこの場所、すなわち計算機a上の実行部にあると推測し、計算機a上の実行部102aのプロセス管理部120aに実行スタックの状態を問い合わせる。この結果、現在計算機a上のデバッグ対象プログラム102aはfunc-A2の中から計算機b上でfunc-Bを呼び出し中であるとの情報を得て、実行スタックは計算機bにも存在すると推測し、次に計算機b上のプロセス管理部110bに実行スタックの状態を問い合わせる。この結果、計算機b上のデバッグ対象プログラムはブレークポイントで停止中との情報を得て、最終的に実行スタックは計算機aと計算機bに存在していると特定し、この結果を入力解釈機能に返す。入力解釈機能はこの結果を元に、計算機aと計算機bのプロセス管理部110aと110bに実行スタックの状態獲得要求を送ると共に、ユーザインターフェース部103の出力整形機能に計算機aと計算機bに実行スタックの情報を要求した旨を通知する。この結果、計算機aのプロセス管理部110aは実行スタック801の状態、すなわちmain、func-A2、func-A3の関数の詳細な実行状態を、計算機bのプロセス管理部110bは実行スタック802の状態、すなわちfunc-B、func-Aの関数の詳細な実行状態を通信部106を通してユーザインターフェース部103の出力整形機能に送る。ユーザインターフェース部103の入力解釈機能と計算機a、計算機bのプロセス管理部110a、110bからの情報を受け取った出力整形機能は、これらの情報をまとめて、実行スタックがmain、func-A2、func-A3、func-B、func-Aという形で関数を呼び出し中である事を表示する。

## 【0064】

図10はユーザインターフェース部103の出力整形機能による実行スタックの

表示イメージを示す図である。ここでさらにユーザが func-B 関数の変数 x の値の表示を指示した場合、ユーザインターフェース部 103 の入力解釈機能は場所決定部 108 に func-B の場所を問い合わせ、func-B の実行スタックは計算機 b にある事を獲得し、計算機 b 上のプロセス管理部 110b に func-B 関数の変数値を要求する事になる。

#### 【0065】

ユーザが実行開始を指示すると、ユーザインターフェース部 103 は実行状態管理部 105 に状態の実行中への変更を指示する。入力解釈機能 105 は状態を変更し、これを通信部 106 を通して計算機 a と計算機 b の実行状態管理部 105a と 105b に通知する。それぞれの実行状態管理部 105a と 105b は、これを受けた状態を変更し、さらにプロセス管理部 110a と 110b に実行の再開を指示する。それぞれのプロセス管理部 110a と 110b はこれを受けて、デバッグ対象プログラム 120a と 120b の実行を再開する。

#### 【0066】

(マルチスレッドの場合のリモート呼び出しのデバッグ) Code-A601 の関数 main を適当な引数を与えて起動した場合、デバッグ対象プログラム 601 は起動直後に二つのスレッドを生成し、一方は計算機 b 上で func-B の実行を、他方は計算機 c 上で func-B の実行を並行して行う。

#### 【0067】

図 11 は二つのスレッドでデバッグ対象プログラムが動作し、それが func-A を呼び出している状態でのスレッドの構成図である。デバッグ対象プログラムは 120a、120b、120c の 3 つに分かれて存在しており、内部にはスレッド m1010 とスレッド n1011 の 2 つのスレッドが存在している。

#### 【0068】

スレッド m1010 は 2 つの実行スタック 1001 と 1003 に別れており、スレッド n1011 は 2 つの実行スタック 1002 と 1004 に別れている。スレッド m1010 は計算機 b 上で func-A を、スレッド n1011 は計算機 c 上で func-A をそれぞれ並列に実行している状態である。この場合にユーザが関数 func-A にブレークポイントを設定した場合、单一のスレッドでの

動作時と同様、スレッドm1010が計算機bに通信を行う時に計算機b上に実行部102bが、スレッドn1011が計算機cに通信を行う時に計算機c上に実行部102cが起動される。

#### 【0069】

ここで、スレッドm1010とスレッドn1011はいずれもfunc-Aを呼び出す可能性があるが、これらは並列動作するため、どちらが先にfunc-Aを呼び出すか、あるいは同時に呼び出すかは、事前に予測する事は出来ない。仮にスレッドm1010がスレッドn1011より先にfunc-Aを呼び出そうとした場合、計算機bのプロセス管理部110bは単一スレッドの場合と同様にブレークポイントを検出し、デバッグ対象プログラム120bを停止させると共に、実行状態管理部105bに状態の一時停止中への変更を通知し、実行状態管理部105bはこれを受けた状態を変更するとともに、他の実行状態管理部105、105a、105cにこれを通知する。これを受けた計算機cの実行状態管理部105cはプロセス管理部110cへ実行の一時停止を指示し、プロセス管理部110cはデバッグ対象プログラム120c内でfunc-B関数を実行中のスレッドn1011を一時停止させる。一時停止中は、ユーザはブレークポイントを検出した計算機b上のスレッドm1010の状態のみならず、計算機c上で関数を実行していたスレッドn1011の状態や計算機c上でのデバッグ対象プロセス120cの実行状態も同様に調べる事が出来る。

#### 【0070】

一方、スレッドm1010による計算機b上でのfunc-Aの呼び出しとスレッドn1011による計算機c上でのfunc-Bの呼び出しが同時に発生した場合、計算機bと計算機cのプロセス管理部110bと110cは、それぞれ単一スレッド動作時と同様に実行状態管理部105bと105cに状態の一時停止中への変更を通知し、実行状態管理部105bと105cはこれを受けた状態を変更するとともに、実行状態管理部105bは実行状態管理部105、105a、105cに、実行状態管理部105cは実行状態管理部105、105a、105bに、この場合、実行状態管理部105と105aは同じ状態変更の通知を2つ、実行状態管理部105bと105cは既に一時停止中になった後に状態

変更の通知を受け取る事になるが、既に実行状態が一時停止中になっているため、これらは既に設定済みとして単に無視される。

#### 【0071】

次に、第2実施例について説明する。先の第1実施例では、制御部と同じ計算機上の実行部を、別々の装置部品として実現していたが、これらには重複する機能が多いため、これらを一つの装置部品にまとめようとする事は合理的である。

#### 【0072】

図12は第2実施例の構成図である。図12を参照すると、この実行部と制御部を合わせ持つ制御・実行部1101は、ユーザインターフェース部103、設定状態管理部104、実行状態管理部105、通信部106、通信対象管理部107、場所決定部108、遠隔デバッグ起動部109、プロセス管理部110を持つ。この場合、同一制御・実行部内の入力解釈機能とプロセス管理部との間の通知などは、通信部を介さずに行う事が出来る。

#### 【0073】

次に、第3実施例について説明する。先の第1実施例では、デバッグ対象プログラムと分散デバッグ装置は、プロセス管理部を通して接続されるものの、基本的には独立したプログラムとし実現していたが、これらは同一の分散システム構築基盤上に実現してもよい。

#### 【0074】

図13は第3実施例の構成図である。図13を参照すると、分散デバッグ装置とデバッグ対象プログラムは、同一の分散システム構築基盤161上に実現され、分散デバッグ装置の通信部と遠隔デバッグ起動部はこの分散システム構築基盤161の提供する通信機構を用いる。分散デバッグ装置自身を分散システム構築基盤161上に実現する事で、分散デバッグ装置の実装が極めて容易になる。

#### 【0075】

又、先の実施例では、デバッグ対象プログラムの実行開始場所を操作部と同一の計算機上の実行部としたが、これをユーザが自由に指定できるようにする事は、デバッグ時の操作場所と対象プログラムの実行場所を区別したい場合に有効である。この場合、入力解釈機能がユーザからの実行場所指定を受けて、指定先の

計算機上に実行部を生成し、そこでデバッグ対象プログラムの実行を開始すれば良い。

#### 【0076】

又、先の実施例では、ブレークポイントや変数の監視、スタックや変数の表示など既存の単一計算機上で動作するデバッガの持つ代表的な機能を例に説明したが、これは本発明の適用対象を制限するものではない。様々なプログラムの実行状態監視の機能や、ユーザからの指示によるプログラムの一時停止、ユーザによるデバッグ用コマンド定義など、デバッガの多くの設定や実行状態を共有する事は、分散デバッグシステムの利便性をより向上させるだろう。

#### 【0077】

又、先の実施例では、計算機間の通信を関数の遠隔起動を例に用いて説明したが、他の通信方式に適用する事も勿論可能である。特に、エージェント移動やオブジェクト移動などの通信方式に本発明を適用する事は非常に有効である。エージェント移動システムのデバッグに適用する場合、エージェント移動を検出し、その移動先の計算機の情報を得てそこに実行部を起動し、エージェント移動先でも同じブレークポイントなどの設定が利用可能になる。一つのプログラムが沢山の計算機上を渡り歩き、それぞれの計算機上でプログラムコードの様々な箇所が実行されるエージェント移動システムをデバッグする上では、一つのブレークポイントの設定が全ての計算機上で有効になるのは非常に有効である。

#### 【0078】

又、本発明を実施するにあたり、本発明の持つ機能の一部のみを実装する事は可能である。例えば、場所決定部の機能は、ユーザが常に明示的に情報の存在場所を指定するようなデバッグ装置を構築する上では不要である。

#### 【0079】

又、ユーザインターフェース部の出力整形機能も、各プロセス管理機能から送られて来る情報を特に加工せず、計算機毎のウィンドウなどに別々に表示する場合には不要である。

#### 【0080】

又、先の実施例では、デバッグ対象プログラムが通信対象管理部の知らない計

算機と通信する場合、新規に実行部を対象の計算機上に起動していたが、これを各計算機で実行部を予め起動しておき、通信対象管理部の知らない計算機と通信する場合には新規に実行部を起動するのではなく、起動済みの実行部に接続するようにする事も可能である。又、デバッグ対象プログラムの通信する全ての計算機に実行部を用意するのではなく、特定の一部の計算機のみに実行部を用意し、実行部の存在する計算機上での動作のみをデバッグの対象とし、それ以外の計算機への通信はデバッグの対象としないようにする事も可能である。

#### 【0081】

又、先の実施例では、一つの制御部と複数の実行部で分散デバッグ装置を構成したが、制御部を複数使用するようにする事も可能である。複数の制御部を使用するようにする場合、単に通信対象管理部に複数の制御部の情報を登録するだけで良い。複数の制御部を用意する事で、複数ユーザによる同時デバッグが可能となる。

#### 【0082】

##### 【発明の効果】

本発明による第1の発明によれば、複数の計算機上で動作するプログラムによって構成される分散システムをデバッグする分散デバッグ装置であって、その装置は各々の前記計算機上で実行されるデバッグ対象プログラムの設定状態及び実行状態の管理を各々の前記計算機を相互接続するネットワークを介して所定の前記計算機から他の前記計算機に対して実行するプログラム管理手段を含むため、プログラマに対して、より分散透明性の高いデバッグ環境を提供し、分散システムのデバッグをより容易にする事が可能となる。特に、デバッグ装置の設定状態や実行状態について、プログラマに複数計算機への分散を意識させず、あたかも单一計算機上で動作するプログラムを单一計算機上で実行しデバッグするような分散デバッグ環境を提供する事が可能となる。

#### 【0083】

即ち、デバッグ装置の設定状態を管理し、いずれかの計算機上で設定状態の変更が行われた場合にこれを全ての遠隔計算機上に通知することで、設定状態の共通化を図ると共に、いずれかの計算機上でデバッグ装置の実行状態が変化した場

合に、これを他の計算機に通知して、実行状態の共通化を図ることが可能となる。

【0084】

又、本発明による第2の発明によれば、複数の計算機上で動作するプログラムによって構成される分散システムをデバッグする分散デバッグ装置に用いるデバッグ方法であって、その方法は各々の前記計算機上で実行されるデバッグ対象プログラムの設定状態及び実行状態の管理を各々の前記計算機を相互接続するネットワークを介して所定の前記計算機から他の前記計算機に対して実行するプログラム管理ステップを含むため、上記第1の発明と同様の効果を奏する。

【0085】

さらに、本発明による第3の発明によれば、複数の計算機上で動作するプログラムによって構成される分散システムをデバッグする分散デバッグ装置の制御プログラムを記録した記録媒体であって、その記録媒体には各々の前記計算機上で実行されるデバッグ対象プログラムの設定状態及び実行状態の管理を各々の前記計算機を相互接続するネットワークを介して所定の前記計算機から他の前記計算機に対して実行するプログラム管理ステップが記録されているため、上記第1の発明と同様の効果を奏する。

【0086】

より具体的に説明すると、第一の効果は、デバッグ対象となる分散システムの、複数の計算機上で動作に対して、同一のデバッグ作業の設定を適用可能となる事である。ブレークポイントなどの設定は一度設定すれば、それは設定状態管理部に保存され、設定後新たに遠隔計算機上にデバッガが起動されても、自動的に設定内容が通知されるため、ユーザは再度これらを設定しなおす必要は無い。又、設定が変更されても、常に他の計算機上の設定状態管理部に変更内容が通知されるため、全ての計算機上で同一の設定に基づいてデバッガが動作する事が可能となる。

【0087】

もし本発明を用いずに分散デバッグ装置を実現すれば、遠隔計算機上で新たにデバッグ装置を起動したり、設定を変更するたびに、それらの設定をユーザが全

ての計算機上のデバッグ装置に反映せねばならず、ユーザの利便性が低下する。加えてユーザがこのような再設定を忘れた場合、計算機によってデバッグ作業の設定が異なってしまい、本来一時停止すべき所で一時停止しないなど、ユーザにデバッグ対象プログラムの実行状態を誤解させる危険性をはらんてしまう。

#### 【0088】

第二の効果は、複数の計算機上で動作するデバッグ装置のうち、一箇所が一時停止や実行中止など状態が変化した場合に、それが正しく他の計算機上でのデバッグ装置に伝えられ、同一の状態を保つ事である。ブレークポイントの検出やユーザからの割り込みなどで分散デバッグ装置の一部の実行状態が変化すると、それは実行状態管理装置によって自動的に分散デバッグ装置の他の部分にも通知され、かつその変更内容によってプロセス管理部に動作変更の指示が出されるため、全ての計算機上で同じ実行状態を保つ事が可能となる。

#### 【0089】

もし本発明を用いずに分散デバッグ装置を実現すれば、複数の計算機上で動作するデバッグ装置の一部の実行状態が変化した時、ユーザは手動で他の部分の状態を変更せねばならず、ユーザの利便性が低下する。又、ユーザが同時にこのような他の部分の状態の変更を行わない場合、デバッグ対象となる分散システムの一部が一時停止させられている間に、他の部分は実行を継続して内部の状態を大きく変化させてしまうという状況が発生し、ユーザのデバッグ対象プログラムの実行状態の把握を極めて困難にさせてしまう。

#### 【0090】

第三の効果は、ユーザが分散システムの実行状態を表示させようとした時に、その状態がどの計算機上に存在するのかを知らなくても良い事である。ユーザインターフェース部が場所決定部を用いて状態のある一つあるいは複数の場所を特定し、その場所のプロセス管理部に状態を問い合わせ、得られた結果を集計・整形して出力するため、ユーザはデバッグ対象システムの複数計算機上への分散を意識せずに、デバッグ対象システムの状態を把握する事が可能となる。

#### 【0091】

もし本発明を用いずに分散デバッグ装置を実現すれば、ユーザは対象システム

の状態を知ろうとした時に、その状態がどの計算機上に存在するのかを予め知らなければならぬ。これは、分散システム構築基盤の分散透明の実現によるシステム構築の容易さという利点を、大きく損なわせてしまう。

【0092】

本発明によれば、分散デバッグ装置を実現するのに、異なる計算機上で動作する独立したデバッガを表面的に組み合わせるだけでなく、その内部の状態まで連係させて全体の一貫性を保つ事が可能となる。これにより、ユーザに対して、計算機に依存しない一貫したデバッグ環境を提供する事が可能となり、分散システム構築基盤の提供する分散透明性を損なわないデバッグ提供する事が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る分散デバッグ装置の第1の実施の形態の構成図である。

【図2】

第1の実施の形態の具体的構成を示す図である。

【図3】

ユーザインターフェース部の入力解釈機能の入力と対応する動作を表す図である

【図4】

設定状態管理部104の動作を表すフローチャートである。

【図5】

実行状態管理部105の動作を表すフローチャートである。

【図6】

記録媒体駆動装置の一例の構成図である。

【図7】

第1実施例の構成図である。

【図8】

code-A601とcode-B602の内容の記述例を示す図である。

【図9】

f u n c - A に設定されたブレークポイントで停止中のデバッグ対象プログラム 1 2 0 a と 1 2 0 b の実行スタックの構成図である。

【図10】

ユーザインタフェース部 1 0 3 の出力整形機能による実行スタックの表示イメージを示す図である。

【図11】

二つのスレッドでデバッグ対象プログラムが動作し、それぞれが f u n c - A を呼び出している状態でのスレッドの構成図である。

【図12】

第2実施例の構成図である。

【図13】

第3実施例の構成図である。

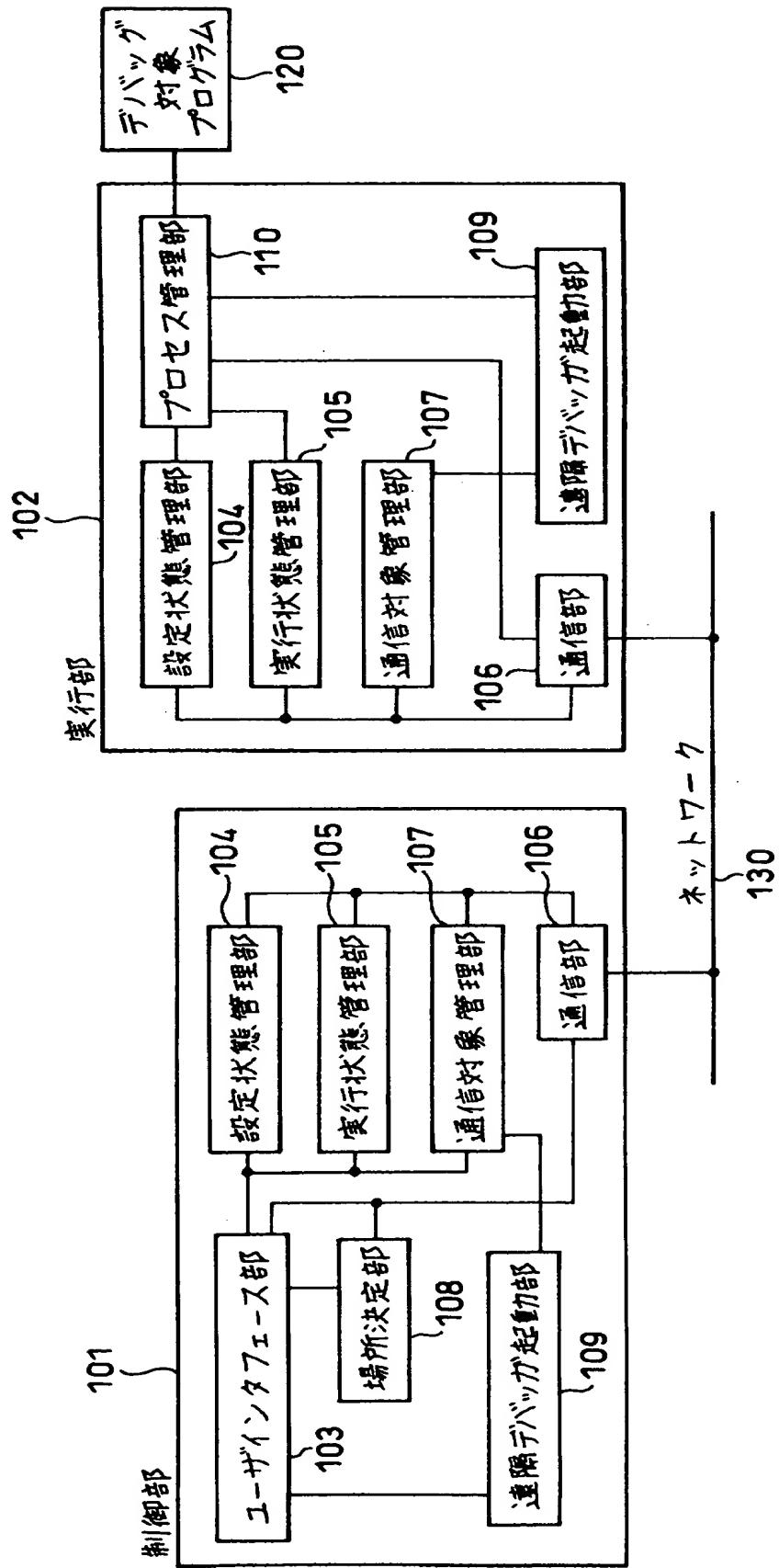
【符号の説明】

- 1 0 1 制御部
- 1 0 2 実行部
- 1 0 3 ユーザインタフェース部
- 1 0 4 設定状態管理部
- 1 0 5 実行状態管理部
- 1 0 6 通信部
- 1 0 7 通信対象管理部
- 1 0 8 場所決定部
- 1 0 9 遠隔デバッガ起動部
- 1 2 0 デバッグ対象プログラム
- 1 3 0 ネットワーク
- 1 5 4 記録媒体

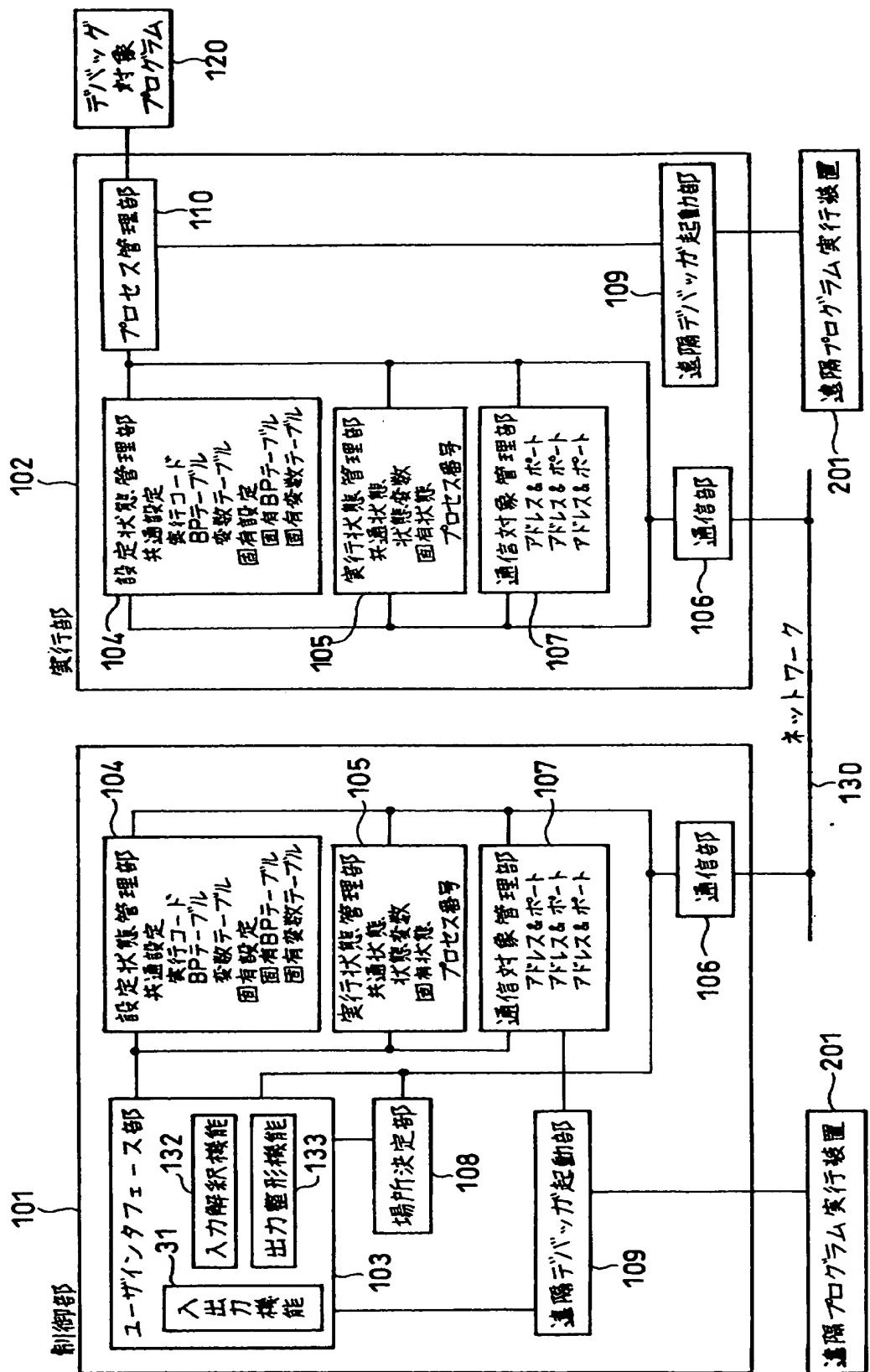
特平11-355386

【書類名】 図面

【図1】



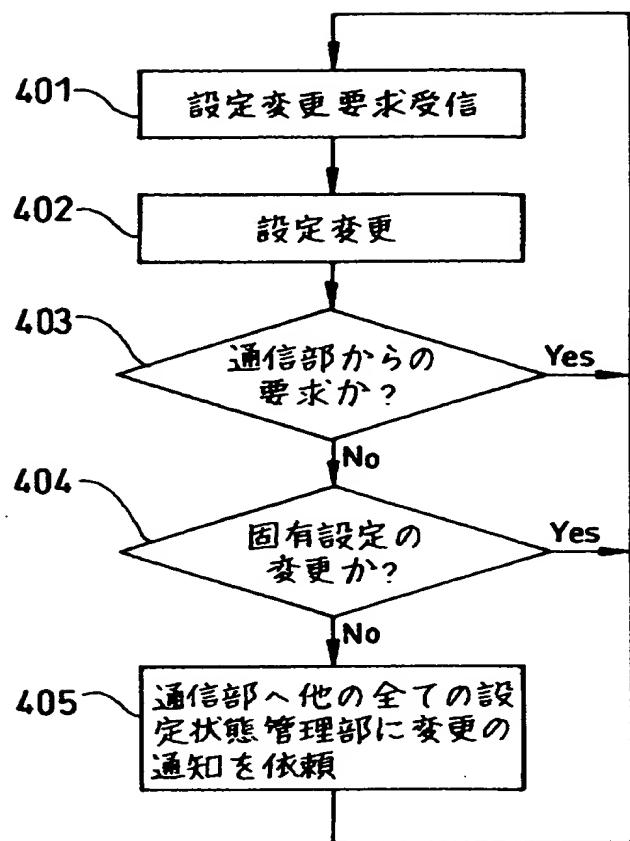
【図2】



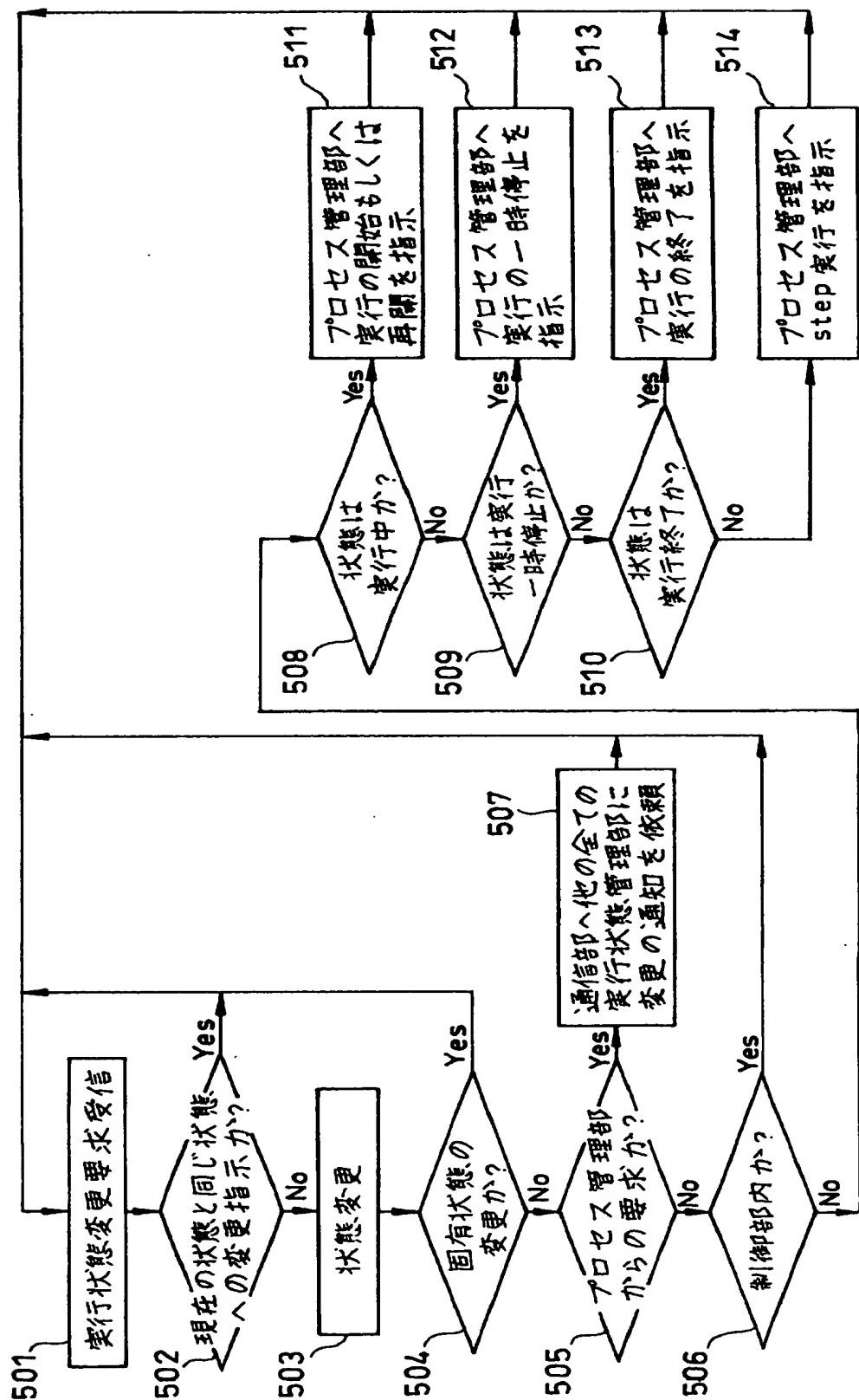
【図3】

入力	動作
デバック対象プログラムの指定 ブレークポイントの追加 ブレークポイントの削除 変数監視の追加 変数監視の削除	設定状態管理部に 通知
実行開始 実行一時停止 実行終了 step実行	実行状態管理部に 通知
スタック状態の表示 変数状態の表示	場所状態で状態の存 在場所を決定し、アロ セス管理部に状態を 要求し、出力整形機 能で出力

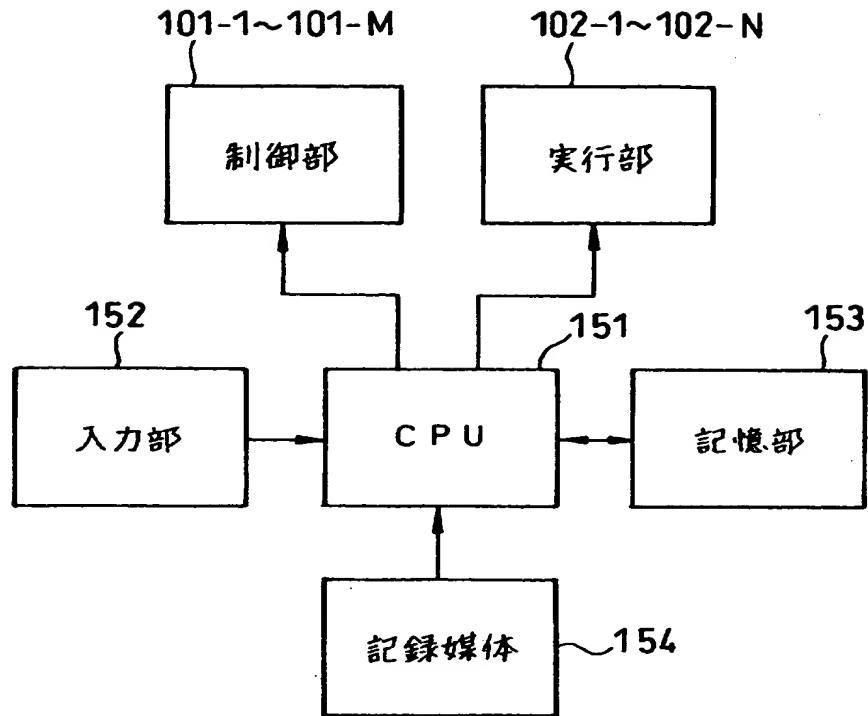
【図4】



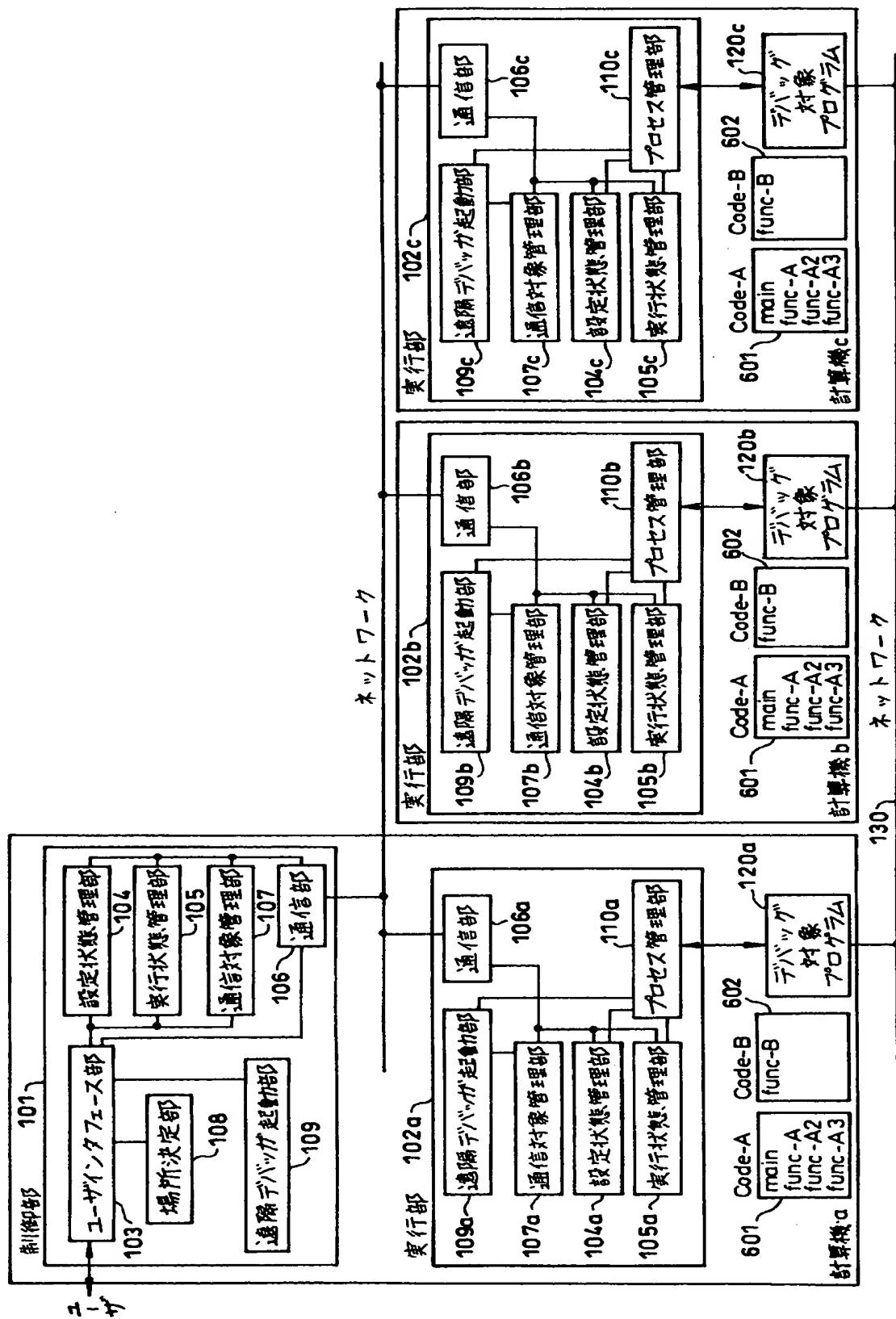
〔図5〕



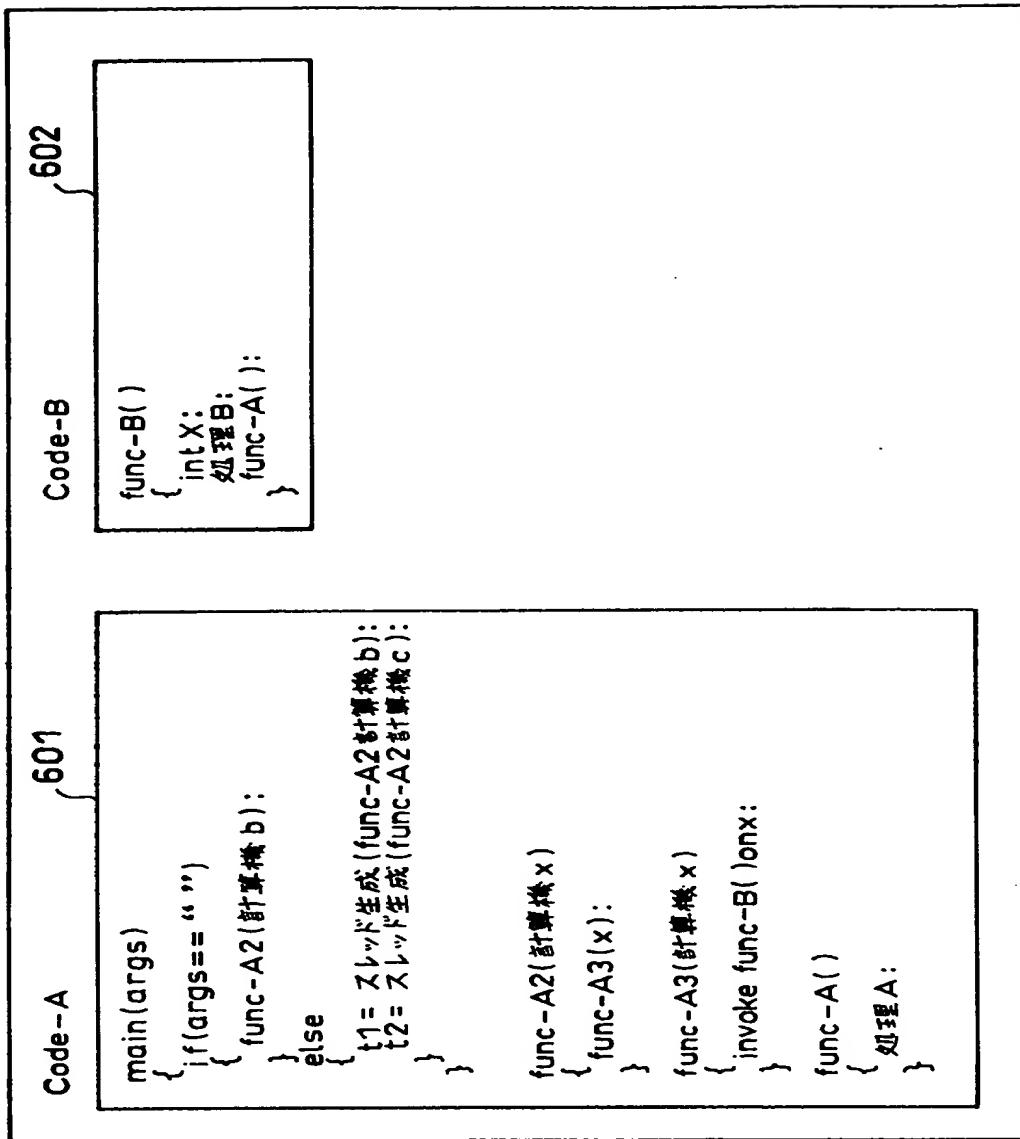
【図6】



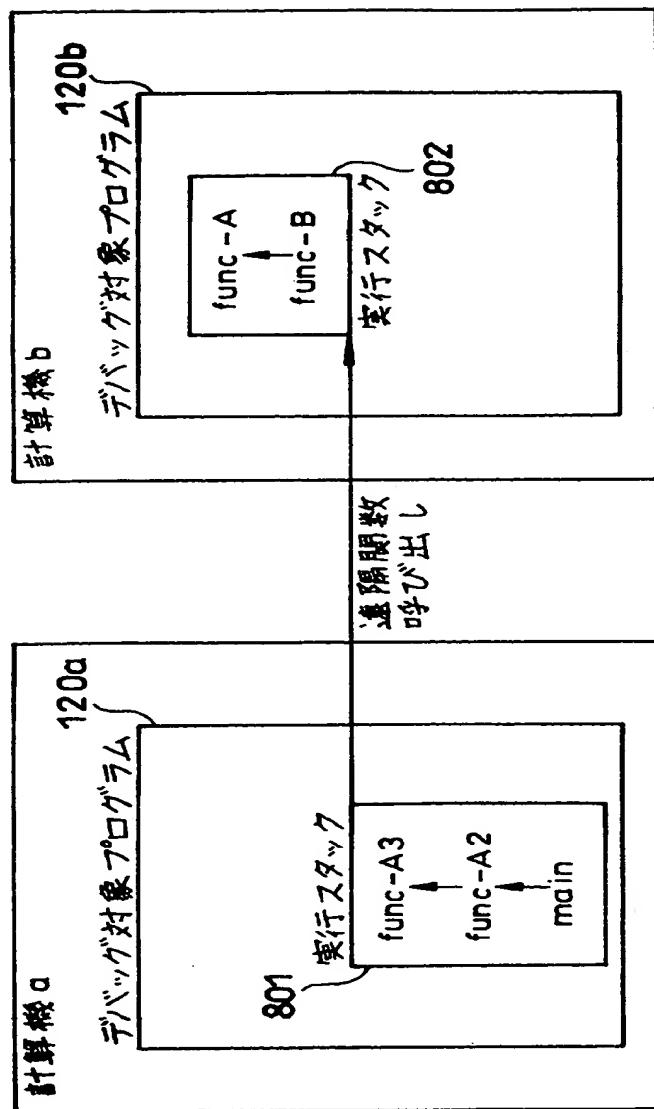
〔図7〕



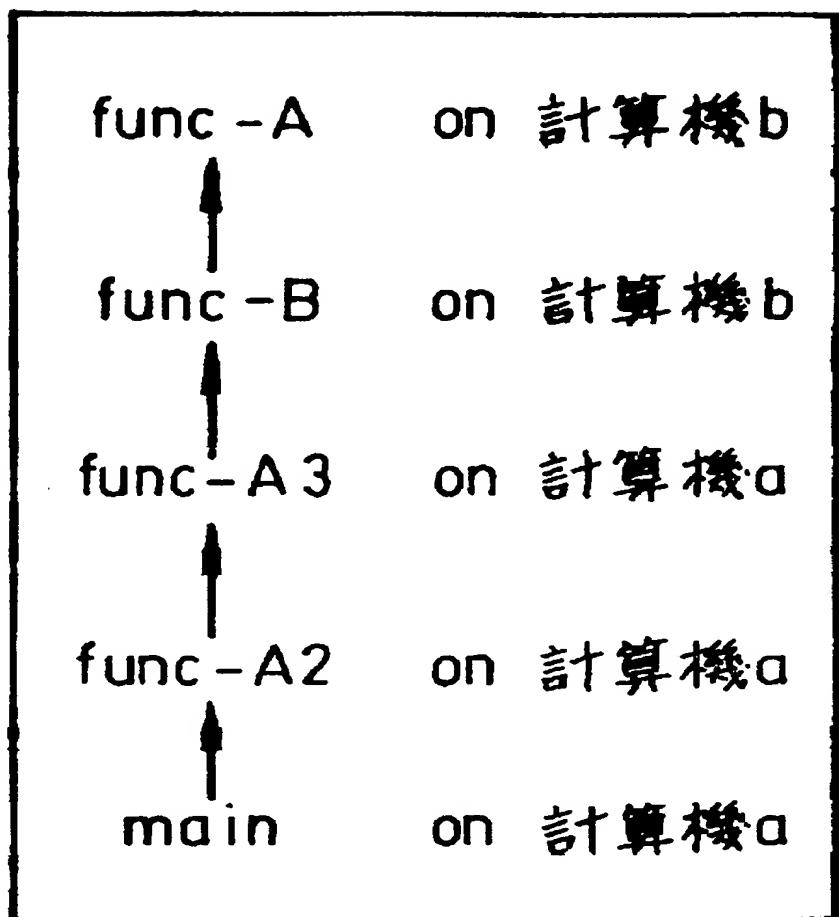
【図8】



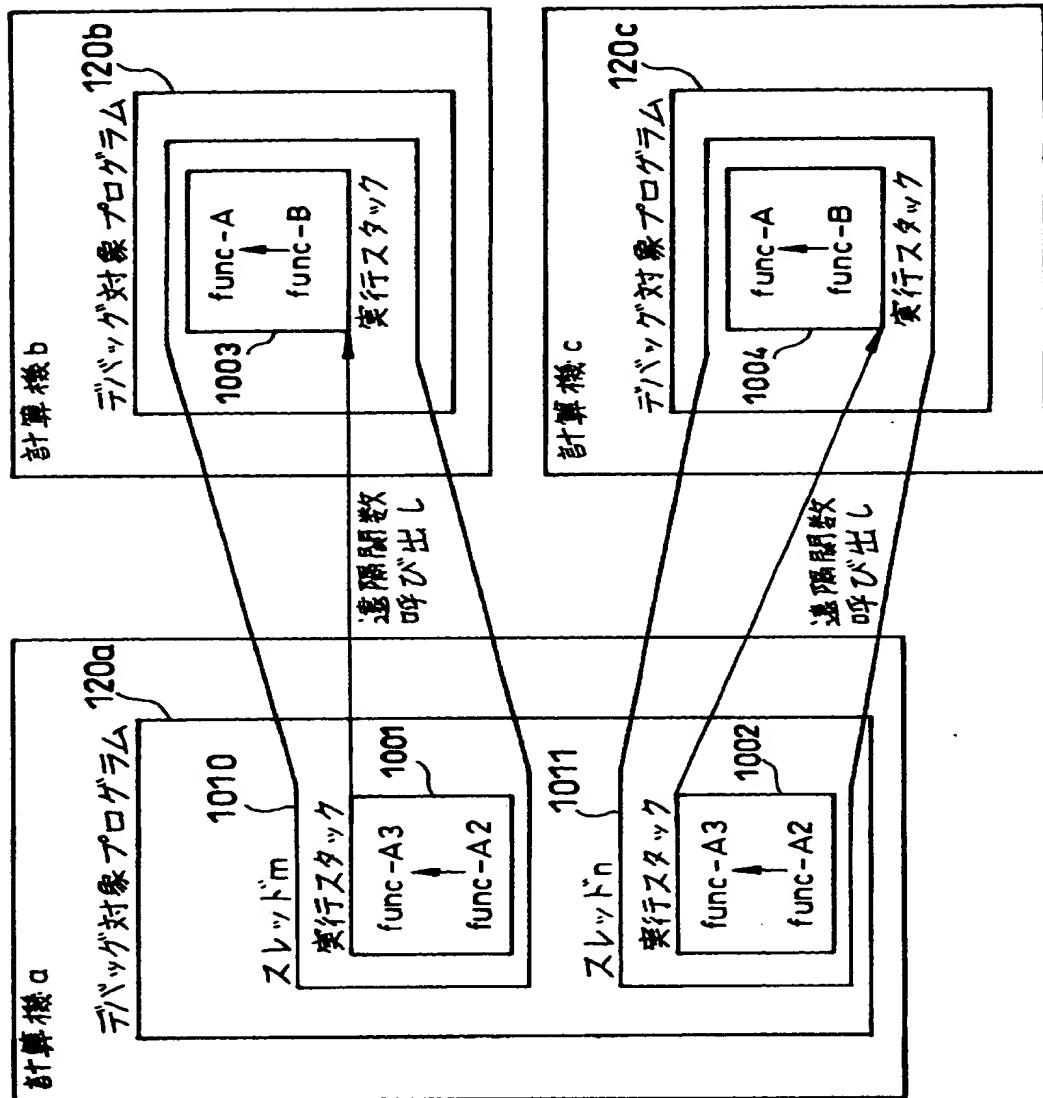
【図9】



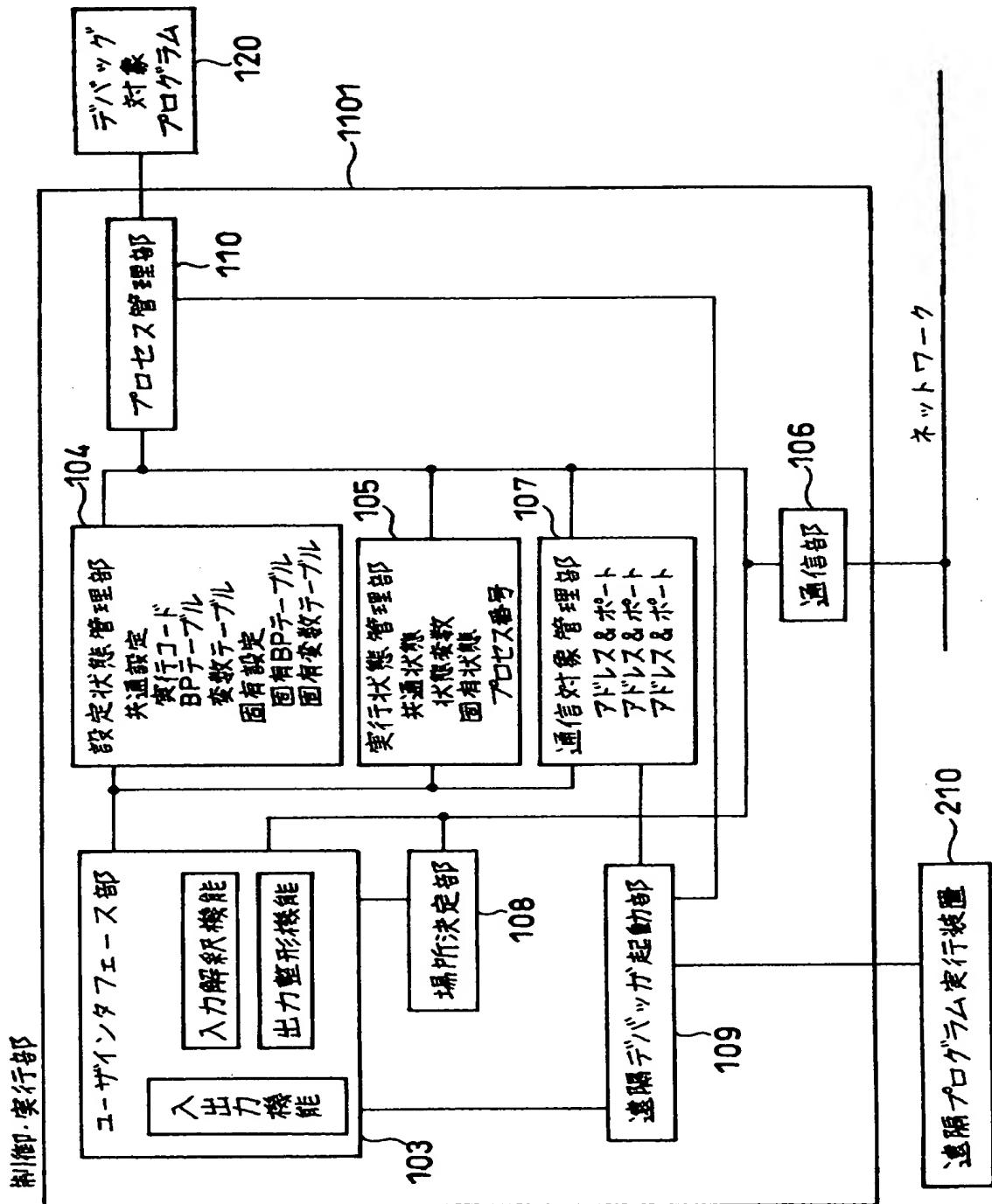
【図10】



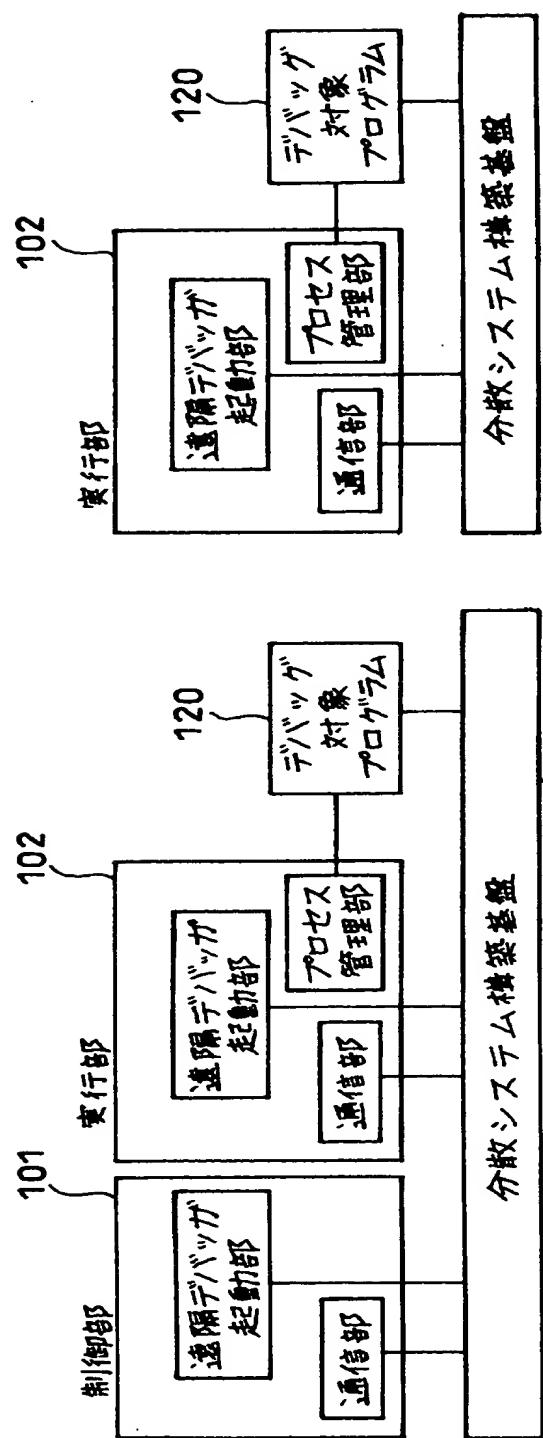
【図11】



〔図12〕



【図13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数計算機にまたがった分散システムをデバッグする際に、個々の計算機上で動作するデバッガが個別に管理していた設定や実行状態をデバッガ間で共有し、分散透明なデバッグ環境を提供する。

【解決手段】 ユーザからの操作を受ける制御部101と実行部102を複数計算機上に配置し、夫々がデバッガの設定を管理する設定状態管理部104とデバッガの実行状態を管理する実行状態管理部105を有し、いずれも変更を受けたらネットワーク130を介して他の計算機へ変更内容を通知して状態を共有する。プロセス管理部110が設定内容に応じてデバッグ対象プログラムを管理し、ブレークポイントの検出などで動作状態が変化したらこれを実行状態管理部105に設定すると共に、他の計算機から通知された実行状態の変更に対応して動作を変更する。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日 1990年 8月29日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都港区芝五丁目7番1号  
氏 名 日本電気株式会社